

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-34927

(P2002-34927A)

(43)公開日 平成14年2月5日(2002.2.5)

(51) Int.Cl.7

A 6 1 B 3/16

識別記号

FI

A 6 1 B 3/16

デーマコート* (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-231361(P2000-231361)

(22) 出願日 平成12年7月26日(2000.7.26)

(71)出願人 000135184

株式会社ニデック

愛知県蒲郡市栄町7番9号

(72) 發明者 三輪 哲之

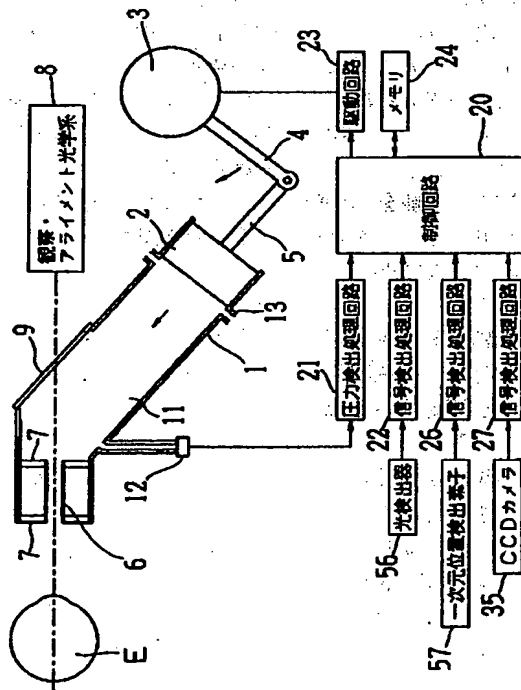
愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内

(54) 【発明の名称】 非接触式眼圧計

(57) 【要約】

【課題】 測定時に余分な流体噴出を行わずに、被検眼の負担をより軽減できるようにする。

【解決手段】 ピストンにより圧縮されたシリンダ内の流体を被検眼に向けて噴出して被検眼の眼圧を測定する非接触式眼圧計において、流体の圧力を検出する圧力検出手段と、作動距離検出用の光束を被検眼に投光する投光光学系と被検眼角膜で反射された作動距離検出用の光束を検出する検出光学系とを持つ作動距離検出光学系と、流体噴出後に前記検出光学系により所定の変化信号を検出した後、前記圧力検出手段の検出結果により所定時間あたりの圧力変化を検知する圧力変化検知手段と、時間あたりの圧力変化が所定の既定値より小さい場合は所定の角膜変形が検出するまでピストン駆動への動力供給を行い、所定の既定値より大きい場合は所定の角膜変形が検出される前にピストン駆動への動力供給を停止する動力制御手段と、を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ピストンにより圧縮されたシリンダ内の流体を被検眼に向けて噴出して被検眼の眼圧を測定する非接触式眼圧計において、流体の圧力を検出する圧力検出手段と、作動距離検出用の光束を被検眼に投光する投光光学系と被検眼角膜で反射された作動距離検出用の光束を検出する検出光学系とを持つ作動距離検出光学系と、流体噴出後に前記検出光学系により所定の変化信号を検出した後、前記圧力検出手段の検出結果により所定時間あたりの圧力変化を検知する圧力変化検知手段と、時間あたりの圧力変化が所定の既定値より小さい場合は所定の角膜変形が検出するまでピストン駆動への動力供給を行い、所定の既定値より大きい場合は所定の角膜変形が検出される前にピストン駆動への動力供給を停止する動力制御手段と、を備えることを特徴とする非接触式眼圧計。

【請求項2】 ピストンにより圧縮されたシリンダ内の流体を被検眼に向けて噴出して被検眼の眼圧を測定する非接触式眼圧計において、流体の圧力を検出する圧力検出手段と、作動距離検出用の光束を被検眼に投光する投光光学系と被検眼角膜で反射された作動距離検出用の光束の一次元位置を検出する検出光学系とを持つ作動距離検出光学系と、流体噴出後に前記検出光学系により所定の変化信号を検出した後、前記圧力検出手段の検出結果により所定時間あたりの圧力変化を検知する圧力変化検知手段と、時間あたりの圧力変化に基づいてピストン駆動への動力供給の停止時期を変化させる動力制御手段と、を備えることを特徴とする非接触式眼圧計。

【請求項3】 ピストンにより圧縮されたシリンダ内の流体を被検眼に向けて噴出して被検眼の眼圧を測定する非接触式眼圧計において、作動距離検出用の光束を被検眼に投光する投光光学系と被検眼角膜で反射された作動距離検出用の光束を検出する検出光学系とを持つ作動距離検出光学系と、前記検出光学系による変化信号が所定量分だけダウンしたときには被検眼に瞬きがあったものとしてピストン駆動への動力供給を停止する動力制御手段と、を備えることを特徴とする非接触式眼圧計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、流体を圧縮して被検眼に吹付け、被検眼角膜の変形状態を検出することにより眼圧を測定する非接触式眼圧計に関する。

【0002】

【従来技術】 流体噴出手段からの流体を被検眼に向けて噴出し、噴出された流体によって角膜の変形を検出することに基づいて眼圧を測定する非接触式眼圧計が知られている。角膜変形検出系は、角膜に光を照射する光学系と、角膜での反射光量を受光する受光素子から構成され、受光素子で受光される角膜反射光量が最大となったことを知ることで角膜の所定変形を検出している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来装置においては、角膜が眼圧値の得られる所定状態に変形されたことが検出された後に流体噴出手段の駆動を停止するようにしていたので、被検眼に負担を掛けるという問題があった。すなわち、所定の変形状態の検出後に流体噴出手段の駆動を停止したとしても、流体の噴出は直ぐに停止されないで、余分な気体が噴出される。また、被検眼に瞬きの瞬きがあると、角膜変形検出系の受光素子が受光する角膜反射光量がピークを示さないで、被検眼には設定された最大圧の流体が噴射されてしまう。

【0004】 本発明は上問題点を鑑み、測定時に余分な流体噴出を行わずに、被検眼の負担をより軽減できる非接触式眼圧計を提供することを技術課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

【0006】 (1) ピストンにより圧縮されたシリンダ内の流体を被検眼に向けて噴出して被検眼の眼圧を測定する非接触式眼圧計において、流体の圧力を検出する圧力検出手段と、作動距離検出用の光束を被検眼に投光する投光光学系と被検眼角膜で反射された作動距離検出用の光束を検出する検出光学系とを持つ作動距離検出光学系と、流体噴出後に前記検出光学系により所定の変化信号を検出した後、前記圧力検出手段の検出結果により所定時間あたりの圧力変化を検知する圧力変化検知手段と、時間あたりの圧力変化が所定の既定値より小さい場合は所定の角膜変形が検出するまでピストン駆動への動力供給を行い、所定の既定値より大きい場合は所定の角膜変形が検出される前にピストン駆動への動力供給を停止する動力制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0007】 (2) ピストンにより圧縮されたシリンダ内の流体を被検眼に向けて噴出して被検眼の眼圧を測定する非接触式眼圧計において、流体の圧力を検出する圧力検出手段と、作動距離検出用の光束を被検眼に投光する投光光学系と被検眼角膜で反射された作動距離検出用の光束の一次元位置を検出する検出光学系とを持つ作動距離検出光学系と、流体噴出後に前記検出光学系により所定の変化信号を検出した後、前記圧力検出手段の検出結果により所定時間あたりの圧力変化を検知する圧力変化検知手段と、時間あたりの圧力変化に基づいてピストン駆動への動力供給の停止時期を変化させる動力制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0008】 (3) ピストンにより圧縮されたシリンダ内の流体を被検眼に向けて噴出して被検眼の眼圧を測定する非接触式眼圧計において、作動距離検出用の光束を被検眼に投光する投光光学系と被検眼角膜で反射された作動距離検出用の光束を検出する検出光学系とを持つ

作動距離検出光学系と、前記検出光学系による変化信号が所定量だけダウンしたときには被検眼に瞬きがあったものとしてピストン駆動への動力供給を停止する動力制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本実施例について図面に基づいて説明する。図1は非接触式眼圧計の流体噴射機構の側方概略及び制御系の要部を示した図である。

【0010】1は空気圧縮用のシリンダ部であり、眼圧計本体の水平線に対して傾斜して設けられている。2はピストン、3はロータリソレノイドであり、ロータリソレノイド3に駆動エネルギーである電荷（電流、電圧）が付与されると、アーム4、コネクティングロッド（ピストンロッド）5を介してピストン2をシリンダ1に沿って上に押し上げる。ピストン2の上昇によりシリンダ部1に連通する空気圧縮室11で圧縮された空気は、ノズル6から被検眼Eの角膜に向けて噴出される。また、ロータリソレノイド3には図示なきコイルバネが備えられており、付与される電荷がカットされるとコイルバネの下降方向への付勢力により上昇したピストン2を下降させて初期位置に戻す。

【0011】7は透明なガラス板であり、ノズル6を保持するとともに、観察光やアライメント光を透過させる。またガラス板7は空気圧縮室11の側壁となっている。9はノズル6の背面に設けられた透明なガラス板であり、空気圧縮室11の後壁を構成するとともに、観察光やアライメント光を透過させる。ガラス板9の背後には、後述する観察、アライメントのための光学系8が配置される。12は空気圧縮室11の圧力を検出する圧力センサである。13はエア抜き穴であり、エア抜き穴13によりピストン2に初速が付くまでの間の抵抗が減少され、圧力の立ち上がり時において時間にほぼ比例的な圧力変化を得ることができる。

【0012】20は制御回路であり、圧力センサ12用の圧力検出処理回路21、後述する角膜変形検出光学系の光検出器56用の信号検出処理回路22、作動距離検出の一次元位置検出素子57用の信号検出処理回路26、CCDカメラ35用の信号検出処理回路27、ロータリソレノイド3を駆動させるための駆動回路23、測定データ等を記憶するためのメモリ24が接続されている。

【0013】図2は非接触式眼圧計の上方視光学系要部図である。赤外照明光源30により照明された被検眼像は、ビームスプリッタ31、対物レンズ32、ビームスプリッタ33及びフィルタ34を介してCCDカメラ35に結像する。フィルタ34は、光源30及びアライメント用光源40の光を透過し、後述する角膜変形検出用のLED50の光に対して不透過の特性を持つ。CCDカメラ35に結像した像はモニタ36に表示される。

【0014】40はアライメント用の赤外LEDであ

り、投影レンズ41を介して投影された赤外光はビームスプリッタ31により反射され、被検眼に正面より投影される。LED40により角膜頂点に形成された角膜輝点は、ビームスプリッタ31〜フィルタ34を介してCCDカメラ35に結像し、上下左右方向のアライメント検出に利用される。

【0015】45は固視標投影用のLEDであり、LED45により照明された固視標46の光は投影レンズ47を通過した後、ビームスプリッタ33によって反射されて被検眼Eに向かう。検者は被検眼に固視標46を固視させた状態で測定を行う。

【0016】50は角膜変形検出用の赤外LEDであり、LED50を射出した光はコリメータレンズ51により略平行光束とされて被検眼の角膜に投光される。角膜で反射した光は受光レンズ52、光源30及び光源40の光に対して不透過の特性を持つフィルタ53を通過した後、ビームスプリッタ54で反射し、ピンホール板55を通過して光検出器56に受光される。角膜変形検出用の光学系は、被検眼が所定の変形状態（扁平状態）のときに光検出器56の受光量が最大になるように配置されている。

【0017】また、この角膜変形検出光学系は作動距離検出光学系の一部を兼ねており、LED50より投光され、角膜で反射した光はLED50の虚像である指標像を形成する。その指標像の光は、受光レンズ52、フィルタ53、ビームスプリッタ54を通過してPSDやラインセンサ等の一次元位置検出素子57に入射する。被検眼（角膜）が作動距離方向に移動すると、LED50による指標像も一次元位置検出素子57上を移動するため、制御回路20は一次元位置検出素子57からの出力信号に基づいて作動距離情報を得る。また、制御回路20はこの一次元位置検出素子57からの出力信号により、角膜変形状態や被検眼の瞬きを知り、ソレノイド3の駆動を制御する。

【0018】以上のような構成を備える非接触式眼圧計において、その動作について説明する。まず、測定開始後に瞬きの無い場合について説明する。

【0019】検者は被検眼Eを所定の位置に配置させ、モニタ36上に表示されるアライメント情報に基づいて図示なきジョイスティックを操作してアライメント調整を行う。上下左右方向のアライメント調整は、LED40により形成される角膜輝点をモニタ36上に表示される図示なきレチクルと所定の関係になるようにする。作動距離方向のアライメント調整は、一次元位置検出素子57から得られる作動距離情報に基づいて表示される距離指標に従って行う。なお、このアライメント調整の詳細については、本出願人による特開平7-23907号等を参照されたい。また、アライメント指標像の検出情報に基づいて測定部を移動して、自動的にアライメントすることもできる。

【0020】制御回路20は、一次元位置検出素子57及びCCDカメラ35から得られるアライメント情報に基づいてアライメント完了が検出されると、測定開始のトリガ信号を自動的に発して（あるいは、検者によるトリガ信号の入力により）、測定を開始する。すなわち、制御回路20は駆動回路23を介してロータリソレノイド3に動作可能な駆動エネルギーとしての電荷を付与してこれを駆動させる。

【0021】ロータリソレノイド3に電荷を付与するとピストン2が上昇し、ピストン2により空気圧縮室11の空気が圧縮され、圧縮空気がノズル6から被検眼Eの角膜に向けて吹付けられる。被検眼Eの角膜は吹き付けられた圧縮空気によって徐々に変形する。LED50から投光された光の角膜による反射光は光検出器56へ入射し、角膜の変形状態は光検出器56からの出力信号によって検出される。また、このときの角膜反射光は一次元検出素子57側にも入射するので、一次元位置検出素子57の出力信号によっても角膜の変形が検出される。

【0022】図3は圧力センサ12の出力による圧力信号Ps、光検出器56の出力による角膜変形信号Qs、ソレノイド駆動信号Ks、一次元位置検出素子57の出力による位置偏位信号Ss、及びその受光量信号Rsを時系列的に示した図である。

【0023】ピストン2が上昇を開始すると空気圧縮室11内の空気が圧縮され、圧力センサ12による圧力信号Psはピストン2の上昇に伴いほぼリニアに上昇する。ノズル6より被検眼Eに吐出される圧縮空気の圧力も同様に上昇しながら吹き付けられる。

【0024】被検眼Eの角膜は圧縮空気により変形が開始する。角膜変形が開始すると、一次元位置検出素子57で検出される指標像の位置（角膜反射光の受光位置）は、測定開始時のアライメント完了位置に対して、作動距離が遠くなったのと同じ偏位を示し始める。制御回路20はその偏位開始点t1（アライメント完了時に対して所定のΔS1分だけ偏位した時点）での圧力P1を得て、これをメモリ24に記憶する。制御回路20は圧力センサ12からの信号により空気圧縮室11の圧力を常時又は断続的に得ており、圧力P1から圧力上昇値ΔP分変化した圧力P2が得られると、ソレノイド3の駆動を停止すべくソレノイド駆動信号KsをLOWにして電荷供給を停止する。

【0025】ここで、ピストン2はソレノイド3への電荷供給が停止された後も慣性力で上昇するので、圧力センサ12で検出される圧力も直ぐに下がらず、しばらく上昇を続けた後に下降する。したがって、ΔPは角膜変形信号Qsのピークq1が得られるように、ソレノイド3の駆動停止後の圧力上昇分を考慮して決定される。

【0026】ΔPは予め所定の値としても良いが、好ましくは位置偏位信号Ssの偏位開始点t1の近傍（位置偏位開始点t1の直前）における所定時間Δtに対する

圧力変化Δp（圧力変化率Δp/Δt）の関数によって定める。すなわち、Δp/Δtが大きい場合には、ピストン2の慣性力が大きく、ソレノイド3の駆動停止後の圧力上昇幅が大きいので、ΔPを小さく設定する。逆に、Δp/Δtが小さい場合には、ソレノイド3の駆動停止後の圧力上昇幅が小さいので、ΔPを大きく設定する。

【0027】ここで、何らかの原因（シリンダとピストン間の空気もれ等）により上記Δp/Δtが予め設定された既定値より小さい場合は、角膜変形信号Qsのピークq1が得られた後にソレノイド3の駆動を停止して、確実に角膜が偏平状態になるようにする。

【0028】また、角膜変形が開始すると、一次元位置検出素子57で受光される角膜反射光の光量もアライメント完了時の光量に対して変化するので、位置偏位信号Ssにおける偏位開始点t1の代わりに受光量信号Rsの変化開始点t'1（アライメント完了時に対して所定の光量ΔR1分だけ増加した時点）を基準にして、検出圧力がΔP分変化したタイミングでソレノイド3の駆動を停止しても良い。

【0029】ソレノイド3の駆動を停止した後もピストン2は慣性力で上昇するが、ピストン2にはコイルバネによる下降方向への付勢力が働くため、コイルバネの付勢力とピストン2にかかる重力によりピストン2の速度は減衰されて一旦停止し、その後下降するようになる。角膜変形信号Qsはソレノイド3の駆動停止後の圧力上昇によりピーク値q1が得られるようになるので、制御回路20はピーク値q1の時間t2近傍での平均圧力値Pav(t)を求め、これに所定の眼圧換算の処理を施して眼圧値を得る。

【0030】以上のようにして測定時には余分な空気を吹き付けることを抑えることができる。すなわち、角膜の変形が所定状態（偏平状態）に変形されたことが検出された後にソレノイド3の駆動を停止する場合に比べて、1回目の眼圧測定からより弱い吐出圧力で測定が可能になる。

【0031】次に、測定開始後に被検眼の瞬きがあった場合について、図4を基に説明する。被検眼の瞬きがあると、光検出器56には角膜反射光が入射しないので角膜変形信号Qsはほとんど変化しないままである。角膜変形信号Qsのピークを待ってソレノイド3の駆動を停止する構成の場合、Qsのピークが得られないので、圧力信号Psのように設定された最大圧まで圧縮空気が噴出される。

【0032】一方、アライメントを完了させて測定開始後に被検眼の瞬きがあると、一次元位置検出素子57の受光量信号Rsは大きくダウンする。また、検出される作動距離の位置偏位信号Ssも、作動距離が短くなる方向に大きく偏位する。制御回路20は、位置偏位信号SsがΔS2分だけ作動距離が短くなる方向に偏位したこ

10

20

30

40

50

とを検出、又は受光量信号 R_s が $\Delta R2$ 分だけダウンしたことを検出して、ソレノイド3の駆動を停止する。 $\Delta S2$ 及び $\Delta R2$ は瞼の瞬きを確実に検出できる値として設定される。これにより、瞬き発生時に余分な吐出圧力を吹き付けずに測定を中断することができる。また、この場合、制御回路20は測定エラーとして、その旨をモニタ36に表示する。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、被検眼に無用な流体圧を加えることなく測定でき、また、瞬き発生時にも余分な吐出し圧力を吹き付けない様にして、被検眼への負担を軽減させることができる。被検眼の負担が軽減されることにより、精度の高い測定結果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】空気圧縮機構の側方概略構成と制御系を示す図である。

【図2】空気圧縮機構のノズル付近の光学系を上方より

見た図である。

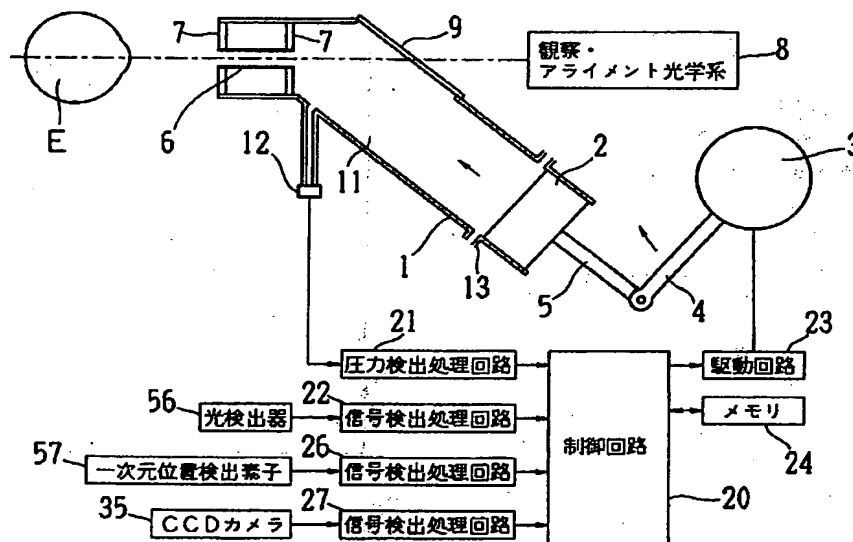
【図3】圧力信号、光検出器による角膜変形信号、ソレノイド駆動信号、一次元位置検出素子による位置変位信号及び受光量信号の経時的变化を示す図である。

【図4】被検眼の瞼の瞬きがある場合の圧力信号、光検出器による角膜変形信号、ソレノイド駆動信号、一次元位置検出素子による位置変位信号及び受光量信号の経時的变化を示す図である。

【符号の説明】

- 1 シリンダ部
- 2 ピストン
- 3 ロータリソレノイド
- 12 圧力センサ
- 20 制御回路
- 23 駆動回路
- 50 赤外LED
- 56 光検出器
- 57 一次元検出素子

【図1】



The figure consists of four vertically aligned graphs sharing a common horizontal time axis t .

- Top Graph:** The vertical axis is labeled P and Q . It shows two curves: P_s (solid) and Q_s (dashed). Q_s rises sharply and peaks at q_1 at time t_2 . P_s rises more gradually and peaks later. A vertical dashed line at t_2 passes through the peak of Q_s . Horizontal dashed lines from the P -axis at levels P_1 and P_2 intersect the Q_s curve at two points each. The time interval between these intersections is labeled Δt . The pressure difference $\Delta P = P_2 - P_1$ is indicated on the P -axis.
- Second Graph:** The vertical axis is labeled K . It shows a curve K_s that is constant at level L until time t_2 , where it jumps to level H .
- Third Graph:** The vertical axis is labeled S . It shows a curve S_s that is constant at level 0 until time t_1 , where it begins to rise, peaking and then slightly declining.
- Bottom Graph:** The vertical axis is labeled R . It shows a curve R_s that is constant at a low level until time t_1 , where it begins to rise, peaking and then slightly declining.

Vertical dashed lines connect the time points t_1 and t_2 across the four graphs.

Figure 1 consists of four vertically stacked graphs sharing a common horizontal time axis t . A vertical dashed line is drawn through all four graphs at a specific time point.

- Top Graph:** The vertical axis is labeled P . It shows two curves: a solid line P_s and a dashed line P'_s . Both curves start at the origin, rise to a peak, and then decline. The dashed curve P'_s peaks higher and later than the solid curve P_s .
- Second Graph:** The vertical axis is labeled K . It shows a step function K_s that is constant at a low level L and then jumps to a higher level H at the transition time.
- Third Graph:** The vertical axis is labeled S . It shows a curve S_s that starts at a positive value, remains constant for a short time, and then decreases to a lower constant value. At the transition time, there is a vertical jump labeled ΔS_2 from the lower level to the upper level.
- Bottom Graph:** The vertical axis is labeled R . It shows a curve R_s that starts at a positive value, remains constant for a short time, and then decreases to a lower constant value. At the transition time, there is a vertical jump labeled ΔR_2 from the lower level to the upper level.